

## **BAB III**

### **TEORI DASAR**

#### **3.1 Pengertian Perencanaan dan Perancangan Tambang**

Pengertian rencana berdasarkan kamus bahasa Indonesia adalah mengatur segala sesuatu lebih dulu apa-apa yang hendak diperbuat. Sedangkan perencanaan tambang (*mine plan*) berdasarkan kamus pertambangan adalah kegiatan untuk membuat rencana penambangan termasuk rencana pekerjaan persiapan tambang, antara lain perencanaan besar produksi, teknik penambangan, bentuk dan ukuran tambang, serta pembuatan jalan. Perencanaan tambang pada dasarnya berisi mengenai evaluasi ekonomi, rancangan geometri, kuantitas, kualitas, dan pertahapan penambangan.

Istilah perencanaan tambang pada umumnya digunakan untuk tahap awal evaluasi proyek tambang dan juga digunakan terus-menerus selama operasional tambang berjalan yang diterjemahkan dalam perencanaan tambang berkala (Tahunan, Triwulan, Bulanan dan sebagainya).

#### **3.2 Pertimbangan Rencana Penambangan**

Perencanaan tambang sangat erat hubungannya dengan pertimbangan ekonomi, karena setiap perencanaan akan dikaitkan dengan keuntungan materi yang dapat diperoleh dari proyek tambang yang dijalankan. Sebagaimana dalam fase proyek tambang, terdapat fase studi kelayakan yang bertujuan untuk menilai apakah suatu proyek memberikan potensi keuntungan atau tidak.

Demikian juga ketika akan dibuat rancangan tambang / *design* tambang pasti akan dibuat berdasarkan batasan seperti *seam stripping ratio* atau yang lazim juga disebut nisbah pengupasan adalah perbandingan antara jumlah volume lapisan penutup yang perlu dipindahkan (dalam meter kubik) dan satu ton bahan galian yang ditambang menurut Partanto Projosumarto(1993).

$$SR = \text{Overburden (BCM)} / \text{Coal (ton)} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.1})$$

Nilai *seamstripping ratio* ditentukan berdasarkan perbandingan antara volume masa batuan yang dibongkar ( lapisan tanah penutup ) dengan *Coal* yang di ambil atau besarnya volume tanah lapisan penutup yang harus dibongkar untuk mendapatkan 1 ton *Coal*.

Penentuan pit limit / batas penambangan akan didasarkan oleh nilai *seam stripping ratio* yang dianggarkan, nilai SR dan pit limit akan bersifat dinamis (berubah-ubah) karena sangat tergantung dari perubahan harga dan ongkos-ongkos produksi.

### 3.3 Pertimbangan Dasar Teknis Rencana Penambangan

Dalam perencanaan tambang harus mencakup aspek ekonomi, kuantitas pemindahan material, tahapan penambangan, juga mencakup rancangan bukaan pit, lokasi buangan, jalan dan paritan. Dalam pembuatan rancangan dibutuhkan batasan-batasan sehingga rancangan dapat diimplementasikan secara teknis, memudahkan operasional (efektif, produktif), dan aman.

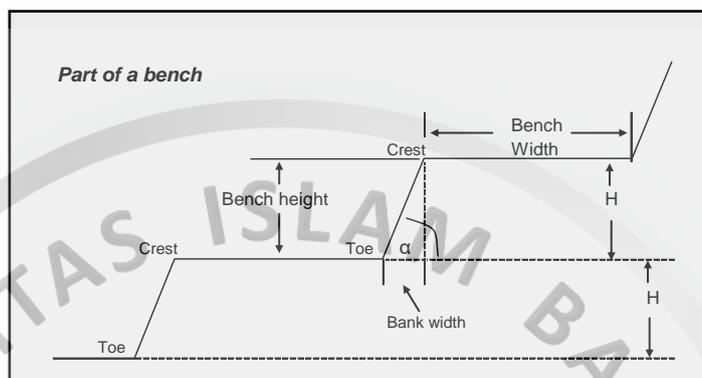
#### 1. Aspek Geometri Pit *design*

- Pit

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam membuat rancangan bukaan tambang adalah geometri jenjang termasuk di dalamnya kemiringan lereng (*slope*), lebar jenjang (*bench width, berm*), tinggi jenjang (*bench height*), dan jalan masuk untuk operasional (*ramp*).

- Jenjang (*Bench*)

Jenjang (*bench*) adalah undakan yang sengaja dibuat dalam pekerjaan penggalian atau penambangan. Bagian jenjang dapat dilihat (Gambar 3.1) :



Sumber: Kennedy B.A .Surface Mining

**Gambar 3. 1**  
**Jenjang (Bench)**

Keterangan :

- Bench width* : Lebar jenjang, bagian datar ini biasanya disebut *berm*
- $\alpha$  (*slope*) : *Bench slope* Kemiringan jenjang terhadap bidang horizontal
- Crest* : Puncak jenjang
- Toe* : Kaki jenjang, batas bawah jenjang
- Bench height* : Jarak vertikal antara dua jenjang

- *Ramp*

*Ramp* atau jalan masuk ke dalam pit harus dibuat sebagai jalan masuk alat angkut dan alat muat. *Ramp* sangat berpengaruh terhadap *seam stripping ratio* terutama terhadap pit yang berukuran kecil. Pembuatan *ramp* sudah otomatis akan ada penambahan material yang harus dipindahkan, maka sudah seharusnya ketika *ramp* dibuat material potongan dalam pembuatan *ramp* sudah dimasukkan dalam perhitungan *stripping ratio*.

Parameter geometri *ramp* sama dengan parameter yang digunakan untuk penentuan jalan pada umumnya, yaitu mencakup batasan *grade* jalan (kemiringan jalan) dan lebar jalan yang ditentukan dengan pertimbangan lebar alat angkut.

*Grade* jalan dinyatakan dalam persen menurut Partanto Projosumarto(1993), ditentukan dalam (Persamaan 3.2) dan dapat dilihat (Gambar 3.2) sebagai berikut :

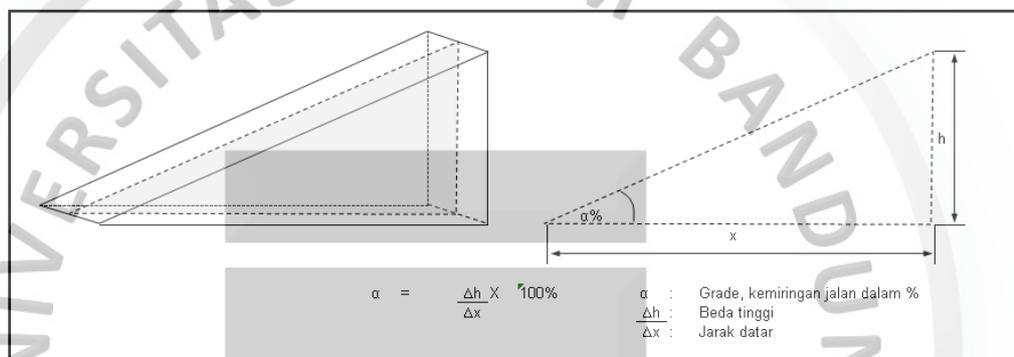
$$\alpha = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.2)}$$

Dimana =

$\alpha$  = (Grade) Kemiringan jalan

$\Delta h$  = Beda tinggi

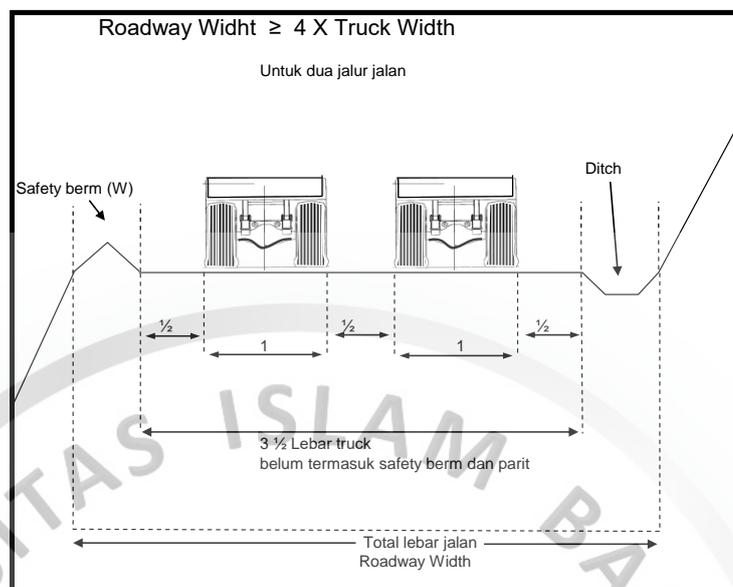
$\Delta x$  = Jarak datar



Sumber: Partanto Projosumarto(1993).

**Gambar 3. 2**  
**Grade Jalan / Kemiringan Jalan**

*Grade* jalan di tambang pada umumnya yang digunakan adalah dari 8% sampai 12%, tergantung dari kemampuan mesin alat angkut dalam mengatasi kemiringan *ramp*. Semakin landai semakin baik bagi alat angkut (lebih produktif) akan tetapi bijih atau bahan galian yang akan didapat lebih sedikit karena tambang tidak dapat menggali lebih dalam juga semakin landai *ramp* berarti badan jalan semakin panjang berarti juga material yang harus dipindahkan untuk membuat *ramp* semakin banyak .



Sumber: Partanto Projosumarto(1993)

**Gambar 3.3**  
**Lebar Jalan untuk Dua Jalur**

$$L = n \times Wt + (n+1) (0,5 \times Wt) \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.3)}$$

Dimana :

L = Lebar minimum alat angkut (Meter)

n = Jumlah Jalur

Wt = Lebar alat angkut ( Meter )

Lebar *ramp* ditentukan berdasarkan lebar alat angkut yang digunakan (mengacu kepada ukuran *truck* yang terbesar) dapat dilihat pada (Gambar 3.3 dan Persamaan 3.3) . Lebar jalan disini meliputi lebar badan jalan sendiri ditambah dengan *safety berm* dan paritan.

Pertimbangan-pertimbangan dalam penentuan *ramp* :

- Kemana *ramp* akan keluar, tergantung dari *dumping* lokasi (*crusher* atau areal penimbunan)
- Berapa banyak *ramp* akan dibuat, semakin banyak semakin tinggi *Stripping ratio*.

- Sifat dari *ramp*, apakah *permanen* atau tidak.
- Bentuk *ramp* yang akan dibuat, apakah *spiral*, *switch back* (putar balik) atau kombinasi keduanya.
- *Grade* jalan
- Jalan (*Road*)

Jalan yang dimaksud lebih cenderung jalan di luar pit, yaitu jalan pengangkutan bahan galian juga pengangkutan material penutup ke disposal (lokasi buangan). Jalan sangat penting artinya dalam produksi tambang karena semua hasil tambang sebelum diolah harus melalui jalan ini, jika kondisi jalan buruk maka produksi tidak akan lancar. Kondisi jalan yang bisa mengganggu kelancaran produksi diantaranya :

- Kemiringan jalan, semakin terjal jalan alat angkut tidak dapat bergerak dengan cepat, produksi lambat.
- Lebar jalan, semakin sempit jalan akan menimbulkan potensi kecelakaan karena alat angkut sulit untuk berpapasan. Untuk menghindari kecelakaan maka alat angkut akan beroperasi pada kecepatan rendah.
- Paritan, jika aliran air di permukaan jalan tidak diatur sedemikian rupa sehingga air dapat mengalir dengan cepat ke luar permukaan badan jalan, maka jalan akan sangat cepat rusak. Masuknya air memperlemah batuan penyusun badan jalan.
- Permukaan jalan, semakin buruk permukaan (lunak, licin, bergelombang) maka alat angkut bekerja dengan tidak efisien dan tidak produktif.

Untuk mengatasi kondisi jalan di atas maka konstruksi jalan akan dilakukan secara khusus dan perawatan jalan dilakukan secara menerus.

Dalam rancangan jalan, hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Jarak, semakin dekat berarti semakin murah biaya pengangkutan bahan galian.
- Penentuan rencana lintasan jalan, jalur ditentukan sehingga jalan bisa terbentuk dengan biaya yang rendah.
- Kemiringan jalan, semakin datar jalan produksi akan semakin produktif tetapi biaya pembuatan jalan juga akan membengkak karena semakin banyak bagian jalan yang harus ditimbun atau dipotong.
- Ketersediaan material timbunan di lokasi rencana jalan yang harus dilakukan penimbunan jika jalur jalan tidak ada material potongan.
- Jumlah material yang harus dipotong dan material timbunan dibuat berimbang, dengan asumsi material pemotongan digunakan untuk menimbun bagian jalan yang rendah.
- Untuk jalan dekat operasional tambang memaksimalkan material buangan tambang, maksimal timbunan.

#### **3.4 Rancangan Teknis Penambangan**

Rancangan teknis penambangan sebagai bagian dari proses perencanaan tambang yang terkait dengan masalah teknis dan penjadwalan produksi. Rancangan teknis penambangan merupakan salah satu faktor penting dalam suatu kegiatan penambangan, terutama untuk memberikan informasi mengenai hal-hal yang terkait dengan rencana kemajuan tambang pada suatu periode waktu tertentu. Selain memberikan gambaran mengenai rencana kemajuan tambang, rancangan teknis penambangan juga membahas tentang rancangan jalan tambang, pemilihan alat dan rancangan tempat penimbunan.

### 3.4.1 Pemilihan Metoda Penambangan

Pemilihan metode dan sistem penambangan didasarkan pada peluang perolehan tambang (*mining recovery*) yang terbaik, operasi yang efisien dan aman dengan biaya terendah, serta potensi keuntungan terbesar yang akan diperoleh. Secara umum beberapa faktor yang dipertimbangkan untuk menentukan sistem penambangan adalah sebagai berikut :

- Kondisi endapan, dalam hal ini akan dilihat posisi, penyebaran, bentuk, serta kuantitas dan kualitas dari endapan bahan galian serta penyebaran yang relatif merata.
- Kondisi material *overburden*, keadaan ini nantinya akan berpengaruh terhadap cara pemberaian atau penggalian serta pada nilai *stripping ratio*. Metode tambang terbuka dengan sistem penambangan *open pit* atau *open cast mining* dan biasanya untuk penanganan *overburden* digunakan cara *backfilling*.
- *Open pit*, merupakan bentuk penambangan untuk endapan yang terletak pada suatu daerah yang datar atau lembah. Medan kerja digali ke arah bawah sehingga akan membentuk semacam cekungan.

### 3.4.2 Tahap Kegiatan Penambangan

Pada kegiatan penambangan terbuka yang akan dilaksanakan terdiri dari kegiatan pengupasan tanah pucuk, penggalian dan pemindahan tanah penutup serta penggalian secara mekanis menggunakan alat berat pada beberapa *block* tambang secara bersamaan. Adapun tahap kegiatan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

#### a. *Land Clearing*

*Land clearing* yaitu kegiatan membersihkan lahan dari semak-semak dan pohonan kecil dipergunakan *bulldozer* dan *chainshaw* jika diperlukan untuk menebang pohon yang cukup besar, target pekerjaan ini didasarkan atas rencana

*Land Clearing Plan* dari perusahaan. Kayu yang berukuran besar biasanya dijadikan sebagai material konstruksi untuk perusahaan.

b. *Top Soil Removal*

Pengupasan tanah pucuk dilakukan setelah pembersihan lahan dengan menggunakan *excavator*. Penggalan lapisan tanah pucuk yang akan disimpan di tempat yang tidak terganggu oleh kegiatan penambangan. *Top soil* merupakan lapisan tanah penutup bagian atas yang mengandung unsur hara yang berguna sebagai media tumbuh dari tanaman. *Top soil* ini harus diperlakukan secara baik dan akan ditempatkan pada *top soil stock area*, yang nantinya akan dipergunakan dan disebar untuk reklamasi tambang.

c. *Stripping Of Overburden*

Setelah dilakukan *land clearing* dan pemindahan *top soil* selanjutnya dilakukan pengupasan tanah penutup (*stripping of overburden*). Pada proses pengupasan tanah penutup, tanah penutup hasil gusuran tersebut dibuang ke daerah yang telah dilakukan penambangan (*mined out*) secara langsung atau diangkut ke tempat pembuangan (*disposal area*), hal ini dimaksudkan untuk mencegah timbulnya dampak negatif yang diakibatkan oleh kegiatan penambangan. Dalam penanganan *overburden* hasil bukaan awal ini akan diangkut ke area penimbunan *overburden* (*waste dump area*). Setelah lapisan selesai ditambang atau dinyatakan *mined out*, *overburden* dari *block* berikutnya dengan elevasi yang lebih tinggi akan didorong secara langsung (*direct dozing*) ke arah kaki bukit yang lebih rendah, sebagai material *backfill* (material waste yang ditimbun kembali ke area *mined out* terdekat).

d. Penambangan *Coal/Coal Getting*

Penambangan dilakukan melalui penggalian dengan menggunakan alat mekanis, karena material yang ditambang merupakan *loose material* lalu dilanjutkan dengan pemuatan material kedalam alat angkut yang nantinya diangkut ke tempat

penimbunan (*exportable transit ore*). Setelah suatu *block* dinyatakan *mined out*, dilakukan *backfilling* dengan menaburkan kembali *overburden* dari tempat penyimpanan.

### 3.4.3 Rancangan Penambangan (*pushback*)

*Pushback* merupakan bentuk-bentuk penambangan (*minable geometries*) yang menunjukkan bagaimana suatu pit akan ditambang, dari titik masuk awal hingga ke bentuk akhir pit. Tujuan utama dari pentahapan ini adalah untuk membagi seluruh volume yang ada dalam pit ke dalam unit-unit perencanaan yang lebih kecil sehingga lebih mudah ditangani. Bentuk *pushback* ini tidak akan persis sama dengan geometri yang dihasilkan karena kendala operasi seperti lebar *pushback* minimum.

### 3.4.4 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi adalah bagian yang sangat penting dalam proses penambangan, dimana target dari penjadwalan produksi adalah menentukan keuntungan yang paling optimal dengan menentukan pengaturan produksi per periode waktu tertentu. Suatu penjadwalan produksi tambang menyatakan, dalam periode waktu endapan, dan pemindahan material total yang akan dihasilkan oleh tambang tersebut. Sasarannya adalah menghasilkan suatu jadwal untuk mencapai beberapa sasaran / kriteria ekonomi seperti memaksimalkan *Net Present Value* (NPV) atau *Rate of Return* (ROR). Pada penjadwalan jangka pendek fokusnya mungkin berbeda; dengan kendala jumlah peralatan, kita menentukan jadwal yang terbaik.

### 3.4.5 Rancangan Tempat Penimbunan

Tempat penimbunan dapat dibagi menjadi dua, yaitu *waste dump* dan *stockpile*. Disposal yang sering disebut juga *dump site*, *spoil dump*, *spoil disposal*, *waste dump* adalah tempat pembuangan atau penimbunan tanah penutup. Lokasi

penimbunan juga merupakan bagian dari pekerjaan perencanaan tambang. Faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan penimbunan adalah:

- Jarak buang dari pit ke lokasi buangan, semakin jauh maka alat angkut yang dibutuhkan semakin banyak.
- Kestabilan dasar timbunan dan kestabilan lereng timbunan.
- Pengaturan pengaliran air di lokasi buangan, potensi terjadinya erosi di lokasi timbunan karena material timbunan pada umumnya mudah sekali tererosi (material lepas).
- Pertimbangan reklamasi dan lingkungan, dalam pembuangan harus diatur sedemikian rupa sehingga material yang berpotensi menjadikan air asam diletakkan di bagian bawah diselimuti material yang tidak berpotensi membentuk air asam (sistem kapsul).

Berdasarkan lokasinya disposal dapat dibagi menjadi dua:

1. *Out pit dump, outside waste dump* (lokasi buangan di luar bukaan tambang)
 

Lokasi buangan di luar bekas tambang tidak diprioritaskan selama ada lokasi buangan material di bekas bukaan tambang sehingga area terganggu tidak begitu luas dan area yang harus direklamasi lebih bisa diperkecil. Tipe *out pit dump* pada umumnya:

  - *Head of valley fill* (ujung lembah)
  - *Cross valley fill* (pertemuan lembah)
  - *Side hill dumps* (lereng bukit)
  - *Flat land pile dump* (daerah datar)
2. *In Pit dump, Inside dump* (lokasi buangan di area bekas bukaan tambang)
 

Sudut lereng disposal pada umumnya mengacu kepada sudut jatuhnya material (*angle of repose*), untuk memperkecil terjadinya erosi sudut lereng biasanya dibuat lebih landai lagi.

### 3.5 Availability Factor

*Availability Factor* (faktor ketersediaan) Faktor yang sangat penting dalam melakukan penjadwalan dan membuat jadwal produksi. Karena tidak semua waktu yang ada dalam penjadwalan merupakan waktu produksi untuk tiap alat, adanya waktu *stanby* dan waktu *repair* membuat alat tidak dapat memproduksi sehingga faktor *availability* sangat penting untuk diperhatikan menurut Partanto Projosumarto(1993).

#### 1. Mechanical Availability (MA)

*Mechanical Availability* (MA) merupakan faktor ketersediaan yang menunjukkan kesiapan (*available*) suatu alat dari waktu yang hilang dikarenakan kerusakan atau gangguan alat (*mechanical reason*). Semakin tinggi angka *Mechanical Availability*, semakin baik alat tersebut. Persamaan yang digunakan adalah :

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.4)}$$

Keterangan:

MA = *Mechanical Availability* (%)

W = Waktu beroperasinya alat di lapangan (menit)

R = Waktu perbaikan, perawatan, waktu menunggu suku cadang (menit)

#### 2. Physical Availability (PA)

*Physical Availability* (PA) ialah faktor ketersediaan yang menunjukkan berapa jam (waktu) suatu Alat dapat dioperasikan dari total waktu tersedia (*schedulling hour*). Persamaan yang digunakan adalah :

$$PA = \frac{W + S}{W + R + S} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.5)}$$

Keterangan:

PA = *Physical Availability* (%)

- W = Waktu beroperasinya alat di lapangan (menit)
- R = Waktu perbaikan, perawatan, waktu menunggu suku cadang (menit)
- S = “*Standby Hours*” Jumlah waktu yang hilang karena alat tidak berproduksi sedang alat tersebut dalam keadaan bisa berproduksi (menit)

### 3. *Used of Availability (UA)*

Menunjukkan persentase waktu yang digunakan oleh alat untuk terhadap waktu yang tersedia diluar waktu perbaikan alat. Parameter ini dapat menunjukkan kinerja operasional mengenai seberapa optimal alat tersebut dipkerjakan dari waktu yang sudah direncanakan. Persamaan yang digunakan adalah :

$$UA = \frac{W}{W + S} \times 100\% \dots \dots \dots \text{(Persamaan 3.6)}$$

Keterangan :

- UA = *Used of Availability* (%)
- W = Waktu beroperasinya alat di lapangan (menit)
- S = “*Stanby Hours*” Jumlah waktu yang hilang karena alat tidak berproduksi sedang alat tersebut dalam keadaan bisa berproduksi (menit)

### 4. *Effective Utilitation (EU)*

Parameter ini menunjukkan jumlah waktu yang dipergunakan oleh suetu alat untuk beroperasi dalam suatu kegiatan kerja atau produksi. Parameter ini untuk menunjukan seberapa besar penggunaan alat tersebut dari total waktu yang tersedia (termasuk waktu kerusakan alat). Persamaan yang digunakan adalah :

$$EU = \frac{W}{W + R + S} \times 100\% \dots \dots \dots \text{(Persamaan 3.7)}$$

Atau

$$EU = PA \times UA \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.8)}$$

Keterangan :

W = Waktu beroperasinya alat di lapangan (menit)

R = Waktu perbaikan, perawatan, waktu menunggu suku cadang (menit)

S = "Standby Hours" Jumlah waktu yang hilang karena alat tidak berproduksi sedang alat tersebut dalam keadaan bisa berproduksi (menit)

UA = *Used of Availability*

PA = *Physical Availability*

### 3.5 Perhitungan Produksi Alat Mekanis

Produksi alat dapat dilihat dari kemampuan alat tersebut dalam penggunaannya. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi produksi alat yaitu efisiensi kerja, faktor pengembangan material, faktor isian mangkuk, waktu edar, kesediaan dan penggunaan alat, dan produksi alat mekanis. Kemampuan produksi alat muat dapat dihitung dengan (Persamaan 3.9) :

$$P_m = \frac{(E_m \times 60 \times H_m \times FF \times SF)}{C_{Tm}} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.9)}$$

Keterangan :

P<sub>m</sub> = Produktivitas alat muat (BCM/jam/unit)

H<sub>m</sub> = Kapasitas *bucket* alat muat (BCM)

FF<sub>m</sub> = *Fill Factor* = Faktor pengisian alat muat (%)

E<sub>m</sub> = Efisiensi kerja alat muat (%)

SF = *Swell factor* (%)

C<sub>m</sub> = Waktu edar alat muat (detik)

60 = konversi satuan waktu (menit ke jam)

Produksi pada alat muat dapat dihitung dengan (Persamaan 3.10) :

$$P = P_m \times n_m \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.10)}$$

Keterangan :

$P_m$  = Produksi alat muat (LCM/jam/unit)

$P$  = Produktivitas alat muat (LCM/jam/unit)

$n_m$  = Banyaknya alat muat (unit)

#### a. Produksi Alat Angkut

Kemampuan produksi alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan

(Persamaan 3.11) :

$$P_a = \frac{(E_a \times 60) \times (n_p \times H_m \times FF_m) \times SF}{C_{Ta}} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.11)}$$

Keterangan :

$P_a$  = Produktivitas alat angkut (BCM/jam/unit)

$H_m$  = Kapasitas *Bucket* alat muat (BCM)

$FF_m$  = *Fill Factor* = Faktor pengisian alat muat (%)

$n_p$  = Jumlah pengisian alat muat untuk penuh bak alat angkut

$E_a$  = Efisiensi kerja alat angkut (%)

$S_f$  = Swell factor (%)

60 = Konversi satuan waktu (menit ke jam)

$C_{Ta}$  = Waktu edar alat angkut (menit)

Produksi pada alat angkut dirumuskan sebagai berikut :

$$P = P_a \times n_a \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.12)}$$

Keterangan :

$P$  = Produksi alat angkut (BCM/jam/unit)

$P_a$  = Produktivitas alat angkut (BCM/jam/unit)

$n_m$  = Banyaknya alat angkut (unit)

### 3.5.1 Sifat Fisik Material

#### a. Faktor Pengembangan Material (*Swell Factor*)

Tanah penutup dan bahan galian di alam (*insitu*) masih dalam keadaan padat. Apabila dilakukan penggalian, maka akan terjadi perubahan volume yang disebabkan oleh pemekaran material. Faktor yang mempengaruhi pemekaran volume tanah penutup ini adalah ukuran butir, kadar air, dan bentuk butir.

Volume tanah penutup dan bahan galian yang harus dipindahkan biasanya dihitung berdasarkan keadaan *insitu*. Untuk menghitung produksi setiap alat muat dan alat angkut yang digunakan, maka besarnya faktor pemekaran *swell factor* material harus diketahui karena yang ditangani oleh alat muat dan alat angkut adalah material lepas hasil penggalian.

Untuk menentukan nilai faktor pemekaran *swell factor* tanah penutup dan *Coal* dapat digunakan Persamaan berikut (Partanto Prodjosumarto, 1993) :

$$Sf = \frac{Density_{loose}}{Density_{insitu}} \times 100\% \dots \dots \dots (Persamaan 3.13)$$

Berat material *insitu* dengan berat material *loose* akan tetap sama sehingga Persamaan tersebut dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$Sf = V_{insitu} / V_{loose} \times 100\% \dots \dots \dots (Persamaan 3.14)$$

#### b. Faktor Isian Mangkuk (*Bucket Fill Factor*)

Faktor isian merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan alat. Hubungan antara faktor isian mangkuk dengan produksi peralatan mekanis yang dipakai adalah semakin besar faktor isian yang dapat dicapai suatu alat, berarti semakin besar produksi alat tersebut. Demikian sebaliknya, semakin kecil faktor isian yang dicapai suatu alat, maka semakin kecil produksi yang dapat dicapai.

Faktor pengisian mangkuk atau bilah merupakan perbandingan antara volume material yang ada di dalam mangkuk dengan volume teoritis mangkuk atau bilah yang dinyatakan dalam suatu Persamaan sebagai berikut (*Partanto Prodjosumarto, 1993*) dapat dilihat pada (Gambar 3.4):

$$FFm = \frac{V_n}{V_t} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.15})$$

Keterangan :

FFm = Faktor pengisian mangkuk atau bilah (%)

Vn = Volume nyata mangkuk atau bilah (LCM)

Vt = Volume teoritis mangkuk atau bilah (LCM)

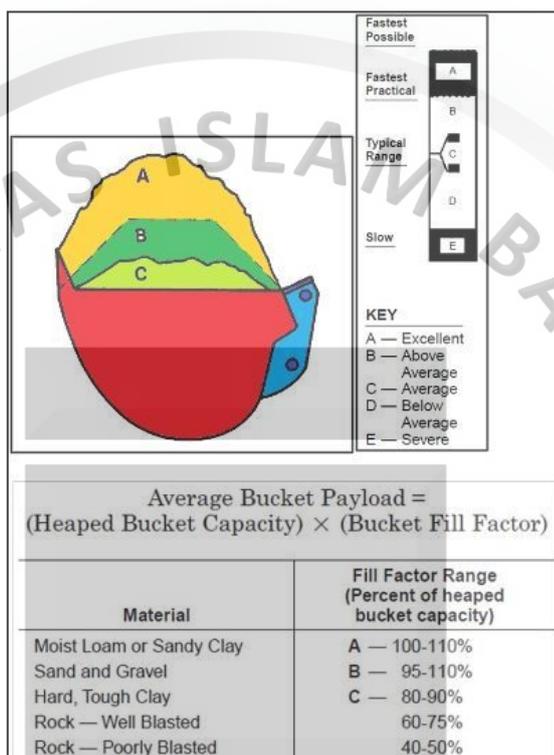
Karakteristik material Material yang berbeda dipermukaan bumi sangat beraeka ragam, baik jenis, bentuk, dan lain sebagainya. Oleh karena itu alat yang dapat dipergunakan untuk memindahkan beraneka ragam juga. Ada beberapa jenis material berdasarkan sulit tidaknya proses penggalian, yaitu :

1. Lunak (*easy digging*), misalnya: tanah pucuk atau top soil, pasir (*sand*), lempung pasir (*sandy clay*).
2. Agak keras (*medium hard digging*), misalnya: tanah liat yang basah dan lengket dan batuan yang sudah lapuk (*weathered Rock*).
3. Sukar digali (*Hard digging*), Misalnya: batu sabak (*slate*), material yang kompak (*compacted Material*), batuan sedimen (*sedimentary rock*), konglomerat (*conglomerate*), Breksi (*breccia*).
4. Sangat sukar digali (*very hard digging*), misalnya: batuan beku segar (*fresh igneous rock*), batuan malihan segar (*fresh metamorphic Rock*).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi *fill factor* yaitu:

- Ukuran material; semakin besar ukuran material maka faktor pengisian semakin kecil.

- Kandungan air; semakin besar kandungan air maka faktor pengisian semakin kecil.
- Keterampilan dan pengalaman operator, makin terampil operator berarti faktor pengisian akan semakin baik.



Sumber : S.W Nunnally, "Construction Method and Management", 2006

**Gambar 3. 4**  
**Bucket Fill Factor Alat Gali-Muat**

### 3.5.2 Faktor Lapangan atau Tempat Kerja

Keadaan tempat kerja di berbagai tambang memang sangat bervariasi, baik keadaan fisik, prasarana maupun sarana. Membuat rencana kerja yang realistis, rapih dan teratur, maka harus dipelajari dan diamati dengan teliti keadaan lapangan/tempat kerja. Keadaan tempat kerja di berbagai tambang memang sangat bervariasi, baik keadaan fisik, prasarana maupun sarana.

### 3.5.3 Faktor Alat

Waktu Edar (*Cycle Time*) merupakan waktu yang diperlukan oleh alat mekanis untuk menyelesaikan sekali putaran kerja, dari mulai kerja sampai dengan selesai dan bersiap-siap memulainya kembali.

#### 1. Waktu edar alat muat

Waktu edar alat gali-muat dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Ct_m = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4 \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.16)}$$

Keterangan :

$Ct_{gm}$	=	Waktu edar alat muat, detik
$Tm_1$	=	Waktu menggaru material, detik
$Tm_2$	=	Waktu putar dengan bucket terisi, detik
$Tm_3$	=	Waktu menumpahkan muatan, detik
$Tm_4$	=	Waktu putar dengan bucket kosong, detik

#### 2. Waktu edar alat angkut

Waktu edar alat angkut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Ct_a = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6 \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.17)}$$

Keterangan :

$Ct_a$	=	Waktu edar alat angkut, menit
$Ta_1$	=	Waktu mengambil posisi untuk dimuati, menit
$Ta_2$	=	Waktu diisi muatan, menit
$Ta_3$	=	Waktu mengangkut muatan, menit
$Ta_4$	=	Waktu mengambil posisi untuk penumpahan, menit
$Ta_5$	=	Waktu pengosongan muatan, menit
$Ta_6$	=	Waktu kembali kosong, menit

### 3.5.4 Keserasian Kerja (*Match Factor*)

Untuk mendapatkan hubungan kerja yang serasi antara alat gali-muat dan alat angkut, maka produksi alat gali-muat harus sesuai dengan produksi alat angkut. Faktor keserasian alat gali-muat dan alat angkut didasarkan pada produksi alat gali-muat dan produksi alat angkut, yang dinyatakan dalam *Match Factor (MF)*. Untuk menghitung nilai MF dapat digunakan Persamaan sebagai berikut :

$$MF = \frac{nM \times C_{Ta} \times 60}{nA \times n_p \times C_{Tm}} \dots\dots\dots(Persamaan 3.18)$$

Keterangan :

- MF = Match Factor atau faktor keserasian
- Na = Jumlah alat angkut dalam kombinasi kerja, unit
- Nm = Jumlah alat gali-muat dalam kombinasi kerja, unit
- n = Banyaknya pengisian tiap satu alat angkut
- Cta = Waktu edar alat angkut, menit
- Ctm = Waktu edar alat gali-muat, menit

Bila hasil perhitungan diperoleh :

1. MF < 1, berarti faktor kerja alat muat lebih kecil dari 100% dan faktor kerja alat angkut 100% atau dengan kata lain kemampuan alat angkut lebih besar daripada kemampuan alat muat sehingga akan terjadi waktu tunggu bagi alat muat, yaitu:
2. MF = 1, berarti faktor kerja alat muat dan alat angkut sama, sehingga tidak ada waktu tunggu lagi bagi kedua alat mekanis tersebut.
3. MF > 1 berarti faktor kerja alat muat 100% dan faktor kerja alat angkut kurang dari 100% atau kemampuan alat muat lebih besar dari kemampuan alat angkut, akibatnya waktu tunggu alat angkut besar.

### 3.5.5 Efisiensi Kerja Alat

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu efektif dengan waktu yang tersedia. Waktu efektif adalah waktu yang digunakan untuk menghasilkan produksi, berarti terdapat waktu-waktu yang seharusnya karena adanya hambatan-hambatan.

Efisiensi kerja merupakan penilaian terhadap pelaksanaan pekerjaan, atau merupakan suatu penilaian terhadap nilai kerja yang telah dilaksanakan menurut Partanto Projosumarto (Tabel 3.1). Penilaian tersebut dilakukan terhadap kemampuan alat, manusia dan pengaturan kerja. Setiap orang akan memberikan penilaian yang berbeda-beda terhadap pelaksanaan dan hasil kerja yang dilakukan.

**Tabel 3. 1**  
**Efisiensi Kerja**

KLASIFIKASI	EFISIENSI KERJA
BAIK	> 85 %
SEDANG	65 % - 85 %
KURANG	< 65 %

Sumber : Projosumarto, Partanto, "Pemindahan Tanah Mekanis", 1993